

Научная статья

УДК 664.782:579.67(06)

DOI 10.46845/1997-3071-2023-70-115-132

Исследование процесса ферментации регионального косточкового плодового сырья (сливы) для расширения ассортимента продукции общественного питания

Ольга Павловна Чернега¹, Оксана Владимировна Казимирченко², Анна Александровна Костенко³

^{1,2,3}Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия

¹olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

²oksana.kazimirchenko@klgtu.ru // <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

³anna.kostenko01@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7909-7754>

Аннотация. В статье представлены результаты изучения процесса ферментации сливы, относящейся к региональному косточковому плодovому сырью. Проведен микробиологический анализ свежих слив по определению количественного и качественного состава исходной микрофлоры, играющей главную роль в процессе ферментации. Установлено, что основной микрофлорой свежих слив являются кокковые и палочковидные бактерии молочнокислого брожения. Изложена технология ферментации слив, осуществляемая самопроизвольным брожением без добавления рассола и внесения заквасочных культур микроорганизмов. Показаны результаты различных способов ферментации слив (в присутствии кислорода и без него). Выявлено, что бескислородная среда способствует размножению молочнокислых стрептококков и лактобацилл, отмечено снижение pH готового продукта до 3,18. Низкое значение pH позволило получить безопасный продукт с длительным сроком хранения, при этом лактоферментированная слива приобретала новые органолептические свойства – более яркий цвет, индивидуальный и неповторимый вкус, изменение текстуры. Показаны количественные и качественные изменения микрофлоры в процессе ферментации различными способами в течение 7 суток. Подтверждена микробиологическая безопасность исследуемых образцов лактоферментированной сливы. Образцы отличались стойкостью при хранении и микробиологической стабильностью в отношении санитарно-показательных бактерий кишечной группы и микробов порчи. На основе лактоферментированной сливы были получены следующие продукты: мякоть, сок, порошок (пудра) из кожуры плодов. Исследована их общая бактериальная обсемененность и состав микрофлоры. Обозначены и показаны пути практического применения разработанной продукции (в качестве закуски, гарнира к мясу, птице и рыбе, приправы для салатов, соуса к морепродуктам, ингредиентов для десерта).

Ключевые слова: слива, ферментация, лактоферментированная слива, молочнокислые бактерии, органолептические и микробиологические показатели.

Для цитирования: Чернега О. П., Казимирченко О. В., Костенко А. А. Исследование процесса ферментации регионального косточкового плодового сырья (сливы) для расширения ассортимента продукции общественного питания // Известия КГТУ. 2023. № 70. С. 115–132. DOI 10.46845/1997-3071-2023-70-115-132.

Original article

Study of the fermentation process of regional stone fruit raw materials (plums) to expand the range of catering products

Ol'ga P. Chernega¹, Oksana V. Kazimirchenko², Anna A. Kostenko³

^{1,2,3}Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia

¹olga.chernega@klgtu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4150-2731>

²oksana.kazimirchenko@klgtu.ru // <https://orcid.org/0009-0005-7197-0287>

³anna.kostenko01@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7909-7754>

Abstract. The article presents the results of studying the process of plum fermentation, which belongs to the regional stone fruit raw material. A microbiological analysis of fresh plums was carried out to establish the quantitative and qualitative composition of the initial microflora, which plays a major role in the fermentation process. It has been established that the main composition of the microflora of fresh plums is coccal and rod-shaped bacteria of lactic acid fermentation. The technology of fermentation of plums, carried out by spontaneous fermentation without the addition of brine from the previous fermentation and without the introduction of starter cultures of microorganisms, is described. The results of various plum fermentation methods (in the presence of oxygen and without it) are shown. It was revealed that an oxygen-free environment promotes the reproduction of anaerobic lactic acid bacteria, lactobacilli convert sugar into lactic acid, the pH of the finished product decreases to 3.18, a low pH value contributes to obtaining a safe product with a long shelf life. At the same time, the lacto-fermented plum acquires new organoleptic properties – a brighter color, an individual and unique taste, sourness and a new depth appear, the texture changes. Showing quantitative and qualitative changes in the microflora during fermentation (7 marmots) in various ways. The microbiological safety of the studied samples of lacto-fermented plum was confirmed. They differed in storage stability and microbiological stability in relation to sanitary indicative bacteria of the intestinal group and spoilage microbes. On the basis of lacto-fermented plums, the following products were obtained: pulp, juice, powder (powder) from the peel of the fruit. Their total bacterial contamination and composition of microflora were studied. The ways of practical application of the developed products are indicated and shown: as an appetizer, garnish for meat, poultry and fish, salad dressing, sauce for seafood, ingredients for dessert.

Keywords: plum, fermentation, lacto-fermented plum, organoleptic and microbiological indicators.

For citation: Chernega O. P., Kazimirchenko O. V., Kostenko A. A. Study of the fermentation process of regional stone fruit raw materials (plums) to expand the range of catering products. // *Izvestiya KGTU = KSTU News*. 2023; (70) : 115-132. (In Russ.). DOI 10.46845/1997-3071-2023-70-115-132.

ВВЕДЕНИЕ

Слива – одна из самых распространенных плодовых косточковых культур в России, в т. ч. в Калининградской области. Не зря говорят: «Слива себя не хвалит, а дорожка к ней всегда протоптана». Данная плодовая культура относится к растительному сырью с низкой калорийностью и высокой питательной ценностью. Особое значение для здоровья человека имеют биологически активные вещества, содержащиеся в плодах сливы, – фенольные соединения (флавоноиды), пектиновые вещества, фолиевая кислота (витамин B₉), токоферолы (витамин E), фитонциды, которые устраняют повышенную проницаемость и хрупкость кровеносных капилляров, благотворно влияют на организм при атеросклерозе, гипертонии, аллергических состояниях, улучшают состав крови, предупреждают дистрофию и дегенерацию тканей, обладают бактерицидными свойствами. В сливе также содержатся органические кислоты, включая лимонную и яблочную, пектин, дубильные и летучие вещества, ферменты [1, 2].

При многообразии сортов и количества произрастаемых в нашей стране плодовых растений на сегодняшний день пищевой промышленностью выпускается достаточно узкий ассортимент продукции, в том числе из слив. В основном сливу реализуют в свежем виде. Сохранить ее товарные свойства до конца сезона, не прибегая к различным способам консервирования, невозможно. В промышленных масштабах сливу сушат, получая чернослив, реже замораживают, производят соки, джемы, а также соусы на ее основе [3, 4].

Одним из видов консервирования растительного сырья с целью сохранения его без порчи является ферментация. В России традиционно ферментированные продукты пользуются большим спросом. Происходящие во время ферментации биохимические изменения повышают питательную ценность и усвояемость продукта, кроме того, они могут привести к выработке биоактивных метаболитов, обладающих целым рядом потенциальных полезных свойств для здоровья человека [5–7].

Способ производства ферментированных продуктов относительно недорогой и энергосберегающий, не требующий наличия сложного оборудования. Ферментированную плодоовощную продукцию отличает натуральность ее состава («живой продукт») при сохранении полезных свойств, в том числе за счет пробиотической микрофлоры, относительно невысокая цена на рынке. Кроме того, такому виду продукции можно придать любой вкус, изменить структуру, что позволит использовать ее в качестве ингредиента для приготовления блюд [8, 9].

Вопросам процессов ферментации растительного сырья для производства продуктов с определенными характеристиками посвящен ряд работ. Изучена биотрансформация плодоовощного сырья (моркови, кабачков, тыквы, вишни, черной смородины, яблок) с целью получения растительного пюре, соков ферментными микробиологическими препаратами разной направленности [10], разработаны технологии производства лактоферментированных напитков на основе овощного и плодово-ягодного сырья [11], фруктово-овощных продуктов (напитков, десертов) с бифидогенными (пробиотическими) свойствами [12].

Слива может служить подходящим сырьем для ферментации, так как содержит достаточное количество углеводов, в том числе моносахариды глюкозу и

фруктозу, дисахарид сахарозу, которые принимают на себя роль основного субстрата для развития молочнокислых бактерий и их ферментативной активности при брожении. В результате ферментации сливы можно получить продукт с характерными органолептическими и функциональными свойствами, пролонгированным сроком хранения. Кроме того, из-за разнообразия сортов сливы получаемый ферментированный продукт будет иметь разнообразный вкус и текстуру.

Цель настоящей работы – изучение и анализ процесса ферментации слив для расширения ассортимента продукции, имеющей высокую пищевую ценность и длительный срок хранения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве сырья для ферментации были отобраны сливы домашние (*Prunus domestica*) сорта «Виктория». Плоды красно-фиолетовые, среднего размера, массой 40–45 г, внутри с овальной косточкой, которая легко отделяется от мякоти. Мякоть оранжево-желтая, обладают ярким приятным вкусом. Транспортабельность слив хорошая, их можно перевозить на длительные расстояния (до 8 дней пути) без потери товарных качеств и вкуса [13].

При проведении исследований использовали эмпирические методы операции (наблюдение, измерение, экспертные оценки, изучение научной и патентной литературы) и методы действия (опытная работа, эксперимент).

Для оценки качества полученных образцов продукции из сливы применяли физико-химические, микробиологические и органолептические методы исследования. Титруемую кислотность определяли по ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей, определение титруемой кислотности», массовую долю растворимых сухих веществ – по ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ». Органолептическую оценку опытных образцов ферментированной продукции проводили по ГОСТ 31986-2012 «Услуги общественного питания. Метод органолептической оценки качества продукции общественного питания».

Отбор проб на микробиологический анализ осуществляли по ГОСТ 31904-2012 «Продукты пищевые. Методы отбора проб для микробиологических испытаний». Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных бактерий (показатель КМАФАнМ) определяли по ГОСТ 10444.15-94 «Продукты пищевые. Методы определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов», обсемененность плесневыми и дрожжевыми грибами – по ГОСТ 10444.12-2013 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Методы выявления и подсчета количества дрожжей и плесневых грибов». Идентификацию микроорганизмов проводили по культуральным, морфологическим и физиолого-биохимическим признакам по ГОСТ 7218-2015 «Микробиология пищевых продуктов и кормов для животных. Общие требования и рекомендации по микробиологическим исследованиям».

Экспериментальные исследования проводились в лаборатории кафедры технологии продуктов питания и лаборатории микробиологии Калининградского государственного технического университета (КГТУ).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анализа регионального рынка выявили относительно неширокий ассортимент продукции из слив: сливы свежие, в виде чернослива, сливовых джемов и соков. В России на сегодняшний момент функционирует лишь несколько компаний, которые выпускают сливу вяленую и маринованную. Ферментированная продукция из слив на региональном и российском рынках отечественного производства не представлена.

Известно, что молочнокислое брожение относится к основному процессу при получении ферментированных продуктов растительного происхождения. Образующиеся при ферментативной активности молочнокислых бактерий продукты брожения способствуют формированию органолептических свойств, обогащению продукции полезными питательными веществами, при этом сохраняется биобезопасность и увеличивается срок годности [14, 15].

Ферментация плодовоовощной продукции может осуществляться за счет самопроизвольного брожения, путем добавления рассола или внесения закваски [16]. Используемые для ферментации сливы сорта «Виктория» были спелыми, плотной консистенции, сладкими на вкус, с легко отделяющейся косточкой. Для установления количества исходной микрофлоры, ее качественного состава и определения роли в процессе ферментирования был проведен микробиологический анализ свежих слив (табл. 1).

Таблица 1. Результаты микробиологического анализа свежих слив сорта «Виктория»

Table 1. The results of microbiological analysis of fresh plums of the «Victoria» variety

Наименование показателя	Результаты испытаний
КМАФАнМ	$7,7 \times 10^4$ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молчнокислые кокки и палочки
Плесневые грибы	единично (споры плесеней рода <i>Aspergillus</i>)
Дрожжевые грибы	единично
pH	3,71

Основной состав бактериофлоры свежих слив формировали кокковые и палочковидные бактерии молчнокислого брожения. Кокковые бактерии на рыбопептонном агаре и агаре Сабура образовывали колонии круглой формы, плоские или слегка выпуклые, слизистые, серо-белого или кремового цвета. При микроскопии окрашенных препаратов бактерии были представлены грамположительными микро- и диплококками. Палочковидные лактобактерии на питательных средах росли в виде правильной формы слизистых плоских колоний бежевого цвета, при пересеве колоний ощущался резкий кислый запах. Микроскопический анализ выявил грамположительные бесспорные палочки – моно- и диплобактерии.

Ферментированную сливу получали тремя способами по одной рецептуре [17]. По I способу ферментация происходила в емкости под грузом при незначительном доступе кислорода, по II – в пластиковых вакуумных пакетах с незначительным доступом кислорода, по III – в вакуумных пакетах в бескислородной среде (рис. 1). Процессы ферментации протекали при температуре 20–21 °C.



Рис. 1. Образцы слив в процессе ферментации: а – ферментация в емкости под грузом (I способ); б – в вакуумном пакете с незначительным доступом кислорода (II способ); в – в вакуумном пакете в бескислородной среде (III способ)

Fig. 1. Samples of plums in the fermentation process: a – fermentation in a container under load (method I); b – fermentation in a vacuum bag with little access to oxygen (method II); c – fermentation in a vacuum bag in an oxygen-free environment (method III)

В табл. 2 представлены рецептура и варианты процессов ферментации. На ферментацию по I способу сливы уложили в три емкости (полиэтиленовые ведра) под грузом, по II и III способу – в четыре вакуумных пакета.

Таблица 2. Рецепт ферментированной сливы
Table 2. Fermented plum recipe

Ингредиенты	Масса, г										
	Полиэтиленовые ведра с O ₂ (I способ)			Пакеты для вакуума с O ₂ (II способ)				Пакеты для вакуума без O ₂ (III способ)			
	№1	№2	№3	№ 1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8
Сливы	494,0	500,0	500,0	199,4	191,0	200,0	200,0	178,9	195,6	200,0	185,9
Соль поваренная	9,88	10,0	10,0	3,9	3,8	4,0	4,0	3,5	3,9	4,0	3,7

Экспериментальный период ферментации составил 7 суток. Результаты наблюдения за ферментацией слив представлены на рис. 2–4.



Рис. 2. Процесс ферментации слив (I способ)
Fig. 2. Fermentation of plums (I method)



Рис. 3 Процесс ферментации слив (II способ)
Fig. 3. Fermentation of plums (II method)

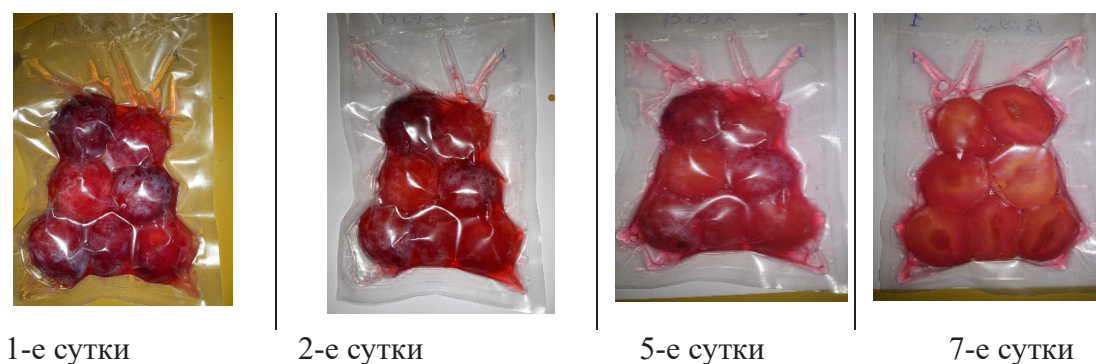


Рис. 4. Процесс ферментации слив (III способ)
Fig. 4. Fermentation of plums (III method)

На начальном этапе во всех опытных образцах процесс ферментации происходил одинаково. На 4-е сутки в пакетах с доступом кислорода появилось сильное вздутие, которое увеличивалось в процессе хранения. В ведрах также (как и в пакетах с доступом кислорода) на 4-е сутки отмечали интенсивное брожение с образованием углекислого газа. Шестикратный повтор эксперимента показал такую же направленность процесса для всех способов ферментации.

В результате наблюдений можно сделать вывод, что при температуре 20–21 °С в присутствии кислорода воздуха (ведра, пакеты) через 4–5 суток резко меняется направленность ферментации, процесс становится не контролируемым.

Слива на 5–6-е сутки имела характерный запах и вкус, свойственный брожению, которое происходило интенсивно с выделением углекислого газа, пакеты начинали вздуваться. Далее слива приобретала неприятный вкус и запах уксусной кислоты.

Слива, упакованная в вакуумные пакеты без доступа кислорода (III способ), на протяжении всего эксперимента не изменяла внешних характеристик. После окончания процесса ферментации лактоферментированные сливы, полученные по III способу, замораживали и направляли на хранение в морозильную камеру при температуре минус 18 °С. После размораживания слива не теряла своих органолептических свойств (вкуса, запаха, цвета), консистенция оставалась упругой.

Органолептические исследования образцов вели ежедневно на протяжении всего периода эксперимента. Результаты исследований проб слив после 7 суток ферментации представлены в табл. 3.

Таблица 3. Органолептические показатели ферментированной сливы после 7 суток ферментации

Table 3. Organoleptic characteristics of fermented plum after 7 days of fermentation

Показатели	I способ	II способ	III способ
Внешний вид	Наличие в жидкости большого количества пузырьков, на стенках ведра – небольших белых пленочек; сливы целые, однородные; сок мутный	Пакеты вздутые, наличие большого количества пузырьков; сливы целые, однородные; сок мутный	Пакеты не вздутые, небольшое количество пузырьков; сливы целые, однородные; сок прозрачный
Вкус	Кисло-соленый со слабым привкусом спирта	Кислый, солоноватый, с сильным привкусом спирта	Яркий, приятный кисло-сладкий, легкий солоноватый привкус
Запах	Спиртовой	Уксусной кислоты	Сливовый с кислотой, приятный
Цвет	Оранжево-красный	От оранжевого до красного	От ярко-оранжевого до красного
Консистенция	Очень мягкая, волокнистая	Мягкая, слегка волокнистая	Упругая

Согласно полученным органолептическим показателям можно заключить, что лактоферментированную сливу с ярким, приятным кислосладким вкусом можно получить, используя способ ферментации в бескислородной среде.

В течение всего процесса ферментации проводили микробиологические исследования образцов. Пробы для анализов отбирали из партий, выработанных по II и III способам ферментации. I способ ферментации не исследовали, так как процесс шел аналогично II способу (с доступом кислорода).

Результаты микробиологических анализов образцов слив по суткам ферментации представлены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты микробиологического анализа образцов ферментированной сливы

Table 4. Results of microbiological analysis of fermented plum samples

Наименование показателя	Результаты испытаний	
3-и сутки ферментации		
	III способ	II способ
КМАФАнМ	1,9×10 ⁶ КОЕ/г	1,6×10 ⁶ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молочнокислые кокки и палочки (доминирование)	молочнокислые кокки и палочки (доминирование)
Плесневые грибы	единично (споры плесеней рода <i>Aspergillus</i>)	единично (споры плесеней рода <i>Aspergillus</i>)
Дрожжевые грибы	2,2×10 ³ КОЕ/г	2,9×10 ³ КОЕ/г
pH	3,62	3,62
4-е сутки ферментации		
	III способ	II способ
КМАФАнМ	5,5×10 ³ КОЕ/г	6,5×10 ³ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молочкокислые палочки	молочкокислые палочки (доминирование), уксуснокислые палочки
Плесневые грибы	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжевые грибы	7,2×10 ³ КОЕ/г	7,9×10 ³ КОЕ/г
pH	3,67	3,67
5-е сутки ферментации		
	III способ	II способ
КМАФАнМ	1,2×10 ³ КОЕ/г	1,6×10 ⁵ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молочкокислые палочки	уксуснокислые палочки (доминирование), молочкокислые палочки и кокки
Плесневые грибы	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжевые грибы	1,0×10 ⁴ КОЕ/г	1,0×10 ⁴ КОЕ/г
pH	3,62	3,72
6-е сутки ферментации		
	III способ	II способ
КМАФАнМ	1,7×10 ⁴ КОЕ/г	1,8×10 ⁴ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молочкокислые палочки	молочкокислые палочки и кокки, уксуснокислые палочки
Плесневые грибы	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжевые грибы	5,8×10 ² КОЕ/г	1,3×10 ⁵ КОЕ/г
pH	3,41	3,78

7-е сутки ферментации		
	III способ	II способ
КМАФАнМ	$3,0 \times 10^4$ КОЕ/г	$2,1 \times 10^4$ КОЕ/г
Состав бактериофлоры	молочнокислые палочки	молочнокислые палочки и кокки, уксуснокислые палочки
Плесневые грибы	не обнаружены	не обнаружены
Дрожжевые грибы	единично	$1,9 \times 10^3$ КОЕ/г
pH	3,18	3,78

По результатам микробиологических анализов установили смешанный характер микрофлоры сливы в процессе ферментации с преобладанием бактерий молочнокислого брожения – грамположительных палочек и кокков. Бескислородная среда, снижение pH готового продукта на 7-е сутки ферментации до 3,18 в пробах слив, полученных по III способу, способствовали сохранению и развитию молочнокислых бактерий в течение всего периода наблюдений.

В составе микрофлоры также обнаруживали дрожжи-сахаромицеты спиртового брожения. В пробах слив, ферментированных по II способу, дрожжи присутствовали в течение всего периода исследований, причем их количество резко возрастало на 5-е и 6-е сутки ферментации. В образцах сливы, ферментированной по III способу, количество дрожжей постепенно снижалось, к концу периода ферментации дрожжи в составе микрофлоры встречались как единичные клетки. На микроскопических препаратах дрожжи были представлены клетками округлой или вытянутой формы с вакуолизированной цитоплазмой, в стадии полярного или биполярного почкования.

Ферментативная сахаролитическая активность дрожжей способствовала росту и активности уксуснокислых бактерий на 4-й и 5-й дни эксперимента в пробах слив, ферментированных по II способу. Условиями для развития ацетобактерий послужили наличие кислорода в среде, образующийся этиловый спирт при спиртовом брожении, оптимальные значения pH среды. Полученные микробиологические данные по развитию групп микроорганизмов в процессе ферментации согласовываются с органолептическими анализами образцов.

Технологическая схема производства лактоферментированных слив представлена ниже (рис. 5). Основными операциями, формирующими свойства готового продукта, являлись: отделение косточки от мякоти плода, добавление соли, перемешивание компонентов, укладка в тару, выдержка в вакууме до готовности.

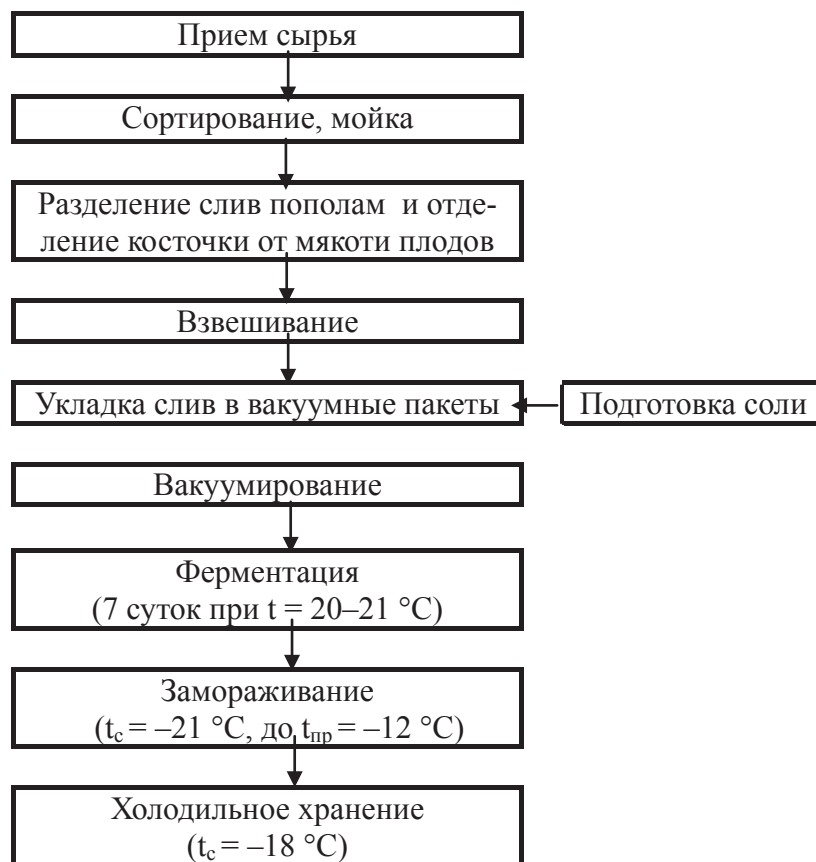


Рис. 5. Технологическая схема производства лактоферментированных слив
Fig. 5. Technological scheme for the production of lacto-fermented plums

На конечном этапе ферментации образцы сливы дополнительно исследовали на группы микроорганизмов, определяющих процессы порчи. В изученных образцах отсутствовали гнилостные споровые бактерии рода *Bacillus* и плесневые грибы. Тестирование образцов на наличие санитарно-показательных бактерий кишечной группы (БГКП) было отрицательным.

Физико-химические показатели лактоферментированных слив после 7 суток ферментации представлены в табл. 5.

Таблица 5. Физико-химические показатели ферментированной сливы после 7 суток ферментации

Table 5. Physico-chemical parameters of fermented plum after 7 days of fermentation

Образец	Титруемая кислотность в пересчете на молочную кислоту, г/100 г	Массовая доля хлоридов, %
Слива ферментированная (I способ)	1,64±0,03	1,98±0,01
Слива ферментированная (II способ)	1,80±0,1	1,95±0,01
Слива ферментированная (III способ)	1,47±0,02	2,0±0,08

В соке от лактоферментированных слив определили содержание сухих веществ: в образцах сока от слив, ферментированных по I способу, их количество составляло 9,0 %, ферментированных по II способу – 9,5 %, по III способу – 11 %.

Из лактоферментированной сливы были получены следующие продукты (рис. 6–8): порошок (пудра) из кожуры, сок и мякоть.

Для получения порошка кожуру лактоферментированных слив отделяли от мякоти и высушивали при температуре 60 °С в течение 1,5 ч, затем измельчали (измельчитель «High Speed Multifunctional Grinder CE»), размер частиц варьировал от 0,2 до 0,01 мм.



Рис. 6. Порошок (пудра) из кожуры лактоферментированных слив
Fig. 6. Powder from the peel of lacto-fermented plums

Полученный сливовый порошок (пудра) был темно-бордового цвета, который определяется содержанием антоцианов, имел яркий фруктовый вкус с кислинкой. Известно, что фенольные соединения в кожуре сливы являются природными антиоксидантами [18].



Рис. 7. Сок от лактоферментированных слив
Fig. 7. Juice from lacto-fermented plums



Рис. 8. Мякоть лактоферментированных слив
Fig. 8. Pulp of lacto-fermented plums

Пробы порошка, сока и мякоти из ферментированных слив были отобраны на микробиологический анализ. Общая бактериальная обсемененность порошка составила $5,0 \times 10^5$ КОЕ/г, что превышало нормативный показатель согласно ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции» (не более $5,0 \times 10^4$ КОЕ/г). В составе микрофлоры порошка преобладали молочнокислые грамположительные стрептококки, формирующие цепочки из 4–7 клеток, которые, вероятно, опреде-

ляли количественный показатель по бактериальной обсемененности. В незначительных количествах (менее $1,0 \times 10^2$ КОЕ/г) присутствовали дрожжи овальной формы, вакуолизированные, почкующиеся; плесневые грибы отсутствовали, что соответствовало нормативным критериям микробиологической безопасности.

Общая бактериальная обсемененность сока из ферментированных слив составила $1,1 \times 10^5$ КОЕ/см³, мякоти – $1,7 \times 10^3$ КОЕ/г. Согласно ТР ТС 023/2011 «Технический регламент на соковую продукцию из фруктов и овощей» общая бактериальная обсемененность концентрированных соков из фруктов и фруктовых пюре не должны превышать $5,0 \times 10^3$ КОЕ/см³. Превышение по данному показателю установили для образцов сока из ферментированных слив, что могло быть связано с преобладанием в микрофлоре лактобактерий, которые формировали основной микробный фон. На окрашенных препаратах лактобактерии были представлены молочнокислыми кокками, располагающимися парами, в группах по 4–6 клеток или коротких цепочках.

Количество дрожжей в соке достигало $2,0 \times 10^3$ КОЕ/см³, в мякоти – $1,6 \times 10^3$ КОЕ/г, плесневые грибы отсутствовали, что соответствовало нормативным показателям (дрожжи – не более $2,0 \times 10^3$ КОЕ/см³ (г), плесневые грибы – не более $5,0 \times 10^2$ КОЕ/см³ (г)). Дрожжи в образцах были представлены клетками вытянутой формы, собранными в группы, почкующимися.

Полученные ферментированные продукты (мякоть, сок, порошок) из слив можно использовать в качестве гарнира к мясу и птице, приправы для салатов, соуса к морепродуктам. Их необычный вкус образует новые вкусо-ароматические комбинации в сочетании с другими ингредиентами блюда.

Также возможно применение продуктов лактоферментации сливы в качестве ингредиентов для десертов. Разработанная рецептура десерта «Калининградский трайфл» представлена в табл. 6 и на рис. 9.

Таблица 6. Рецепт десерта «Калининградский трайфл»

Table 6. Dessert recipe "Kaliningrad trifle"

Наименование ингредиентов	Масса, г
Сливки	80
Сыр творожный	80
Сахарная пудра	10
Ванильный сахар	2
Слива ферментированная	90
Печенье «Юбилейное»	50
Миндальные лепестки	4
Сливовая пудра	4
Выход	320



Рис. 9. Десерт «Калининградский трайфл»
Fig. 9. Dessert "Kaliningrad trifle"

Лактоферментированные сливы и продукты из нее (мякоть, сок) можно реализовать в розничной торговле и предложить предприятиям общественного питания в охлажденном и мороженом виде, порошок (пудру) – в сушеном.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К перспективному сырью для ферментации и получения новых, с необычным вкусо-ароматическим сочетанием, продуктов относится слива – распространенная плодовая косточковая культура в России, в т. ч. в Калининградской области.

Были получены образцы ферментированной сливы сорта «Виктория», разработаны основные технологические операции (удаление косточки, добавление соли, перемешивание, вакуумирование и выдержка до готовности), позволяющие приготовить продукт с характерными свойствами.

Экспериментально отработаны способы ферментации слив: в емкости под грузом при незначительном доступе кислорода, в пластиковых вакуумных пакетах с незначительным доступом кислорода, в вакуумных пакетах в бескислородной среде. Добавленная поваренная соль при концентрации до 2 % не приводила к угнетению развития микрофлоры, что согласуется с данными исследований [19] по устойчивости молочнокислых бактерий к осмотическому стрессу.

Процессы ферментации протекали при температуре 20–21 °С. Установлено, что ферментация слив в вакуумных пакетах в бескислородной среде – наилучший способ получения продукта с ярким цветом, приятным кисло-сладким вкусом и сливовым ароматом с кислинкой при сохранении целостности и упругости плодов. Молочнокислое брожение, осуществляемое кокковыми и палочковидными лактобактериями, было основным микробиологическим процессом, протекающим при ферментации слив. В течение периода ферментации развивались также дрожжевые грибы спиртового брожения. В вакуумных пакетах в бескислородной среде к концу периода ферментации (7-е сутки) количество дрожжей становилось минимальным, тогда как при ферментации слив в емкости под грузом при незначительном доступе кислорода и в пластиковых вакуумных пакетах с незначительным доступом кислорода активность дрожжей сохранялась. Кроме того, в образцах ферментации слив с незначительным доступом кислорода сахаролитическая ак-

тивность дрожжей способствовала росту и активности уксуснокислых бактерий, что влияло на изменение органолептических свойств продукта (приобретение характерного запаха уксусной кислоты, размягчение плодов).

Образцы лактоферментированной сливы отличались стойкостью при хранении и микробиологической стабильностью в отношении санитарно-показательных бактерий кишечной группы и микробов порчи.

Лактоферментированная слива послужила основой для создания новых продуктов – сока, мякоти и порошка, приготовленного из кожуры плодов. Данные продукты можно использовать в качестве гарниров, соусов к мясным, рыбным блюдам и блюдам из мяса птицы, салатам, как ингредиенты разнообразных десертов, что позволит расширить ассортимент продукции общественного питания.

Ферментированные продукты питания должны входить в здоровый рацион человека, поскольку в процессе ферментации сохраняется биологическая ценность продукта, увеличиваются сроки хранения, изменяются и улучшаются органолептические свойства, что позволяет разнообразить ассортимент продукции [20, 21].

Список источников

1. Birwal P., Deshmukh G., Saurabh S. P. et al. Plums: a brief introduction // J. Food Nutr Popul Health, 2017. 1:1.
2. Walkowiak-Tomczak D. Characteristics of plums as a raw material with valuable nutritive and dietary properties – a review // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2008. V. 58. P. 401–405.
3. Меретукова Ф. Н. Биологическая и технологическая характеристика новых сортов сливы русской в предгорной зоне Северо-Западного Кавказа: дис. ... канд. с.-х. наук: утв. 06.01.07. Краснодар, 2007. 123 с.
4. Лисина А. В. Изучение различных способов обработки сливы для увеличения срока хранения // Вестник Хакасского государственного университета им. Н. Ф. Катанова. 2017. № 20. С. 62–64.
5. Lavfve L., Marasini D., Carbonero F. Microbial ecology of fermented vegetables and non-alcoholic drinks and current knowledge on their impact on human health // Advances in Food and Nutrition Research, 2019. V. 87. P. 147–185. DOI: 10.1016/bs.afnr.2018.09.001.
6. The effects of fermented vegetable consumption on the composition of the intestinal microbiota and levels of inflammatory markers in women: a pilot and feasibility study / Galena A. E. [et al] // PLoS ONE 17(10): e0275275, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275275>.
7. Iñaki D., Oihana J. A. Recent advances in Kombucha tea: microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production // International Journal of Food Microbiology, 2022. V. 377. P. 109783. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783.
8. Shrivastava S., Samuel J. Fermentation as a sustainable method of food preservation // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 2019. V. 6. Iss. 1. P. 1445–1450.

9. Научно-обоснованные подходы к процессу ферментации овощей и преимущества использования бактериальных заквасочных культур / Н. Е. Посокина [и др.] // Овощи России, 2018. № 5. С. 77–80, <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2018-5-77-80>.
10. Гореликова Т. А., Просеков А. Д., Шебукова А. С. Ферментная переработка плодовоовощного сырья // Достижения науки и техники АПК, 2008. № 9. С. 54–56.
11. Кожемяко А. В., Кисилева Т. Ф., Вечтомова Е. А. Инновационные лактоферментированные напитки на основе овощного сырья // Вестник КрасГАУ, 2018. № 6 (141). С. 199–203.
12. Огнева О. А. Разработка технологий плодовоовощных пектинопродуктов с бифидогенными свойствами: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Краснодар, 2015. 159 с.
13. Фатьянов В. И. Слива. Москва: Вече, 2005. 50 с.
14. Джей Д. М., Лесснер М. Дж., Гольден Д. А. Современная пищевая микробиология. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. С. 176–181.
15. Gupta R., Jeevaratnam K., Fatima A. Lactic Acid Bacteria: Probiotic Characteristic, Selection Criteria, and its Role in Human Health (a Review) // Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 2018. V. 5. Iss. 10, P. 411–424.
16. Настольная книга производителя и переработчика плодовоовощной продукции / под ред. Н. К. Синха, И. Г. Хью. СПб.: Профессия, 2017. 912 с.
17. Редзепи Р., Зильбер Д. Гид по ферментации от Noma / пер. с англ. под ред. Е. Черезовой. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2020. 456 с. [Rene Redzepi, David Zilber. The Noma Guide to Fermentation. USA: Artisan Publisher, 2018. 440 p.].
18. Toktam M., Firoozzare A., Kariminejad M. Black plum peel as a useful by-product for the production of new foods: chemical, textural, and sensory characteristics of Halva Masghati // International Journal of Food Properties, 2020. P. 2005–2019. DOI:10.1080/10942912.2020.1835953.
19. Никифорова А. П., Хазанова С. Н., Хамагаева И. С. Исследование устойчивости *Lactobacillus sakei* к осмотическому стрессу // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 3. С. 574–583.
20. Саубенова М. Г., Олейникова Е. А., Амангелды А. А. Биологическая ценность ферментированных продуктов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2019. № 8. С. 124–129.
21. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond / Marco M. L. [et al] // Current Opinion in Biotechnology, 2017. V. 44. P. 94–102. DOI: 10.1016/j.copbio.2016.11.010.

References

1. Birwal P., Deshmukh G., Saurabh S.P. et al. Plums: a brief introduction. J. Food Nutr Popul Health, 2017. 1:1.
2. Walkowiak-Tomczak D. Characteristics of plums as a raw material with valuable nutritive and dietary properties – a review. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 2008. Vol. 58, pp. 401–405.

3. Meretukova F. N. *Biologicheskaya i tekhnologicheskaya kharakteristika novykh sortov slivy russkoy v predgornoy zone Severo-Zapadnogo Kavkaza. Diss. kand. s.-kh. nauk* [Biological and technological characteristics of new varieties of Russian plum in the foothill zone of the North-West Caucasus. Dis. cand. agr. sci.]. Krasnodar, 2007, 123 p.
4. Lisina A. V. *Izuchenie razlichnykh sposobov obrabotki slivy dlya uvelicheniya sroka khraneniya* [Study of various methods of plum processing to increase the shelf life]. *Vestnik Khakasskogo gosudarstvennogo universiteta im. N. F. Katanova*, 2017, no. 20, pp. 62–64.
5. Laveffe L., Marasini D., Carbonero F. Microbial ecology of fermented vegetables and non-alcoholic drinks and current knowledge on their impact on human health. *Advances in Food and Nutrition Research*, 2019. Vol. 87, pp. 147–185, DOI: 10.1016/bs.afnr.2018.09.001.
6. Galena A. E. [et al]. The effects of fermented vegetable consumption on the composition of the intestinal microbiota and levels of inflammatory markers in women: a pilot and feasibility study. *PLoS ONE* 17(10): e0275275, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0275275>.
7. Iñaki D., Oihana J. A. Recent advances in Kombucha tea: microbial consortium, chemical parameters, health implications and biocellulose production. *International Journal of Food Microbiology*, 2022. Vol. 377, 109783 p., DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109783.
8. Shrivastava S., Samuel J. Fermentation as a sustainable method of food preservation. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 2019. Vol. 6, iss. 1, pp. 1445–1450.
9. Posokina N. E. [i dr.] *Nauchno-obosnovannye podkhody k protsessu fermentatsii ovoshchey i preimushchestva ispol'zovaniya bakterial'nykh zakvasochnykh kul'tur* [Scientifically-based approaches to the fermentation process of vegetables and the advantages of using bacterial starter cultures]. *Ovoshchi Rossii*, 2018, no. 5, pp. 77–80.
10. Gorelikova T. A., Prosekov A. D., Shebukova A. S. Fermentnaya pererabotka plodovoovoshchnogo syr'ya [Enzyme processing of fruit and vegetable raw materials]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2008, no. 9, pp. 54–56.
11. Kozhemyako A. V., Kisileva T. F., Vechtomova E. A. Innovatsionnye laktofermentirovannye napitki na osnove ovoshchnogo syr'ya [Innovative lacto-fermented beverages based on vegetable raw materials]. *Vestnik KrasGAU*, 2018, no. 6 (141), pp. 199–203.
12. Ogneva O. A. *Razrabotka tekhnologiy plodoovoshchnykh pektinoproduktov s bifidogennymi svoystvami. Dis. kand. tekhn. nauk* [Development of technologies of fruit and vegetable pectin products with bifidogenic properties. Dis. cand. tech. sci.]. Krasnodar, 2015, 159 p.
13. Fat'yanov V. I. *Sliva* [Plum]. Moscow, Veche Publ., 2005, 50 p.
14. Dzhei D. M., Lessner M. Dzh., Gol'den D. A. Molochnokislye bakterii [Lactic acid bacteria]. *Sovremennaya pishchevaya mikrobiologiya* [Modern food microbiology]. Moscow, BINOM. Laboratoriya znaniy Publ., 2011, pp. 176–181.
15. Gupta R., Jeevaratnam K., Fatima A. Lactic Acid Bacteria: Probiotic Characteristic, Selection Criteria, and its Role in Human Health (a Review). *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 2018, vol. 5, iss. 10, pp. 411–424.

16. *Nastol'naya kniga proizvoditelya i pererabotchika plodoovoshchnoy produktsii* [The table book of the producer and processor of fruit and vegetable products]. Pod red. N. K. Stnkha, I. G. Kh'yu. Saint-Petersburg, Professiya Publ., 2017, 912 p.
17. Redzepi R., Zilber D. The Noma Guide to Fermentation. USA: Artisan Publisher, 2018. 440 p. (Russ.: Redzepi R., Zilber D. *Gid po fermentatsii ot Noma*. Ed.: E. E. Cherezova. Moscow, CoLibri, Azbuka-Attikus Publ., 2020, 456 p.).
18. Toktam M., Firoozzare A., Kariminejad M. Black plum peel as a useful by-product for the production of new foods: chemical, textural, and sensory characteristics of Halva Masghati. *International Journal of Food Properties*, 2020, pp. 2005–2019, DOI:10.1080/10942912.2020.1835953.
19. Nikiforova A. P., Hazanova S. N., Hamagaeva I. S. Issledovanie ustoychivosti *Lactobacillus sakei* k osmoticheskomu stressu [Study of *Lactobacillus sakei* resistance to osmotic stress]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2021, vol. 51, no. 3, pp. 574–583.
20. Saubenova M. G., Oleynikova E. A., Amangeldy A. A. Biologicheskaya tsennost' fermentirovannykh produktov [Biological value of fermented foods]. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2019, no. 8, pp. 124–129.
21. Marco M. L. [et al]. Health benefits of fermented foods: microbiota and beyond. *Current Opinion in Biotechnology*, 2017, vol. 44, pp. 94–102, DOI: 10.1016/j.copbio.2016.11.010.

Информация об авторах

О. П. Чернега – кандидат технических наук, доцент кафедры технологии продуктов питания

О. В. Казимирченко – кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов и аквакультуры

А. А. Костенко – бакалавр кафедры технологии продуктов питания

Information about the authors

O. P. Chernega – PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Food Products Technology

O. V. Kazimirchenko – PhD in Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Aquatic Bioresources and Aquaculture

A. A. Kostenko – Bachelor student at the Department of Food Products Technology

Статья поступила в редакцию 30.05.2023; одобрена после рецензирования 10.06.2023; принята к публикации 20.06.2023.

The article was submitted 30.05.2023; approved after reviewing 10.06.2023; accepted for publication 20.06.2023.